

TARTU ÜLIKOOL
Spordipedagoogika ja treeninguõpetuse instituut

Karel Viigipuu

**Eesti kesk- ja pikamaajooksjate kehakoostise ja
antropomeetriliste parameetrite muutuste dünaamika
ettevalmistusperioodi**

**Dynamics of Estonian middle and long distance runners body
composition and anthropometric parameters during pre-season period**

Magistritöö

Kehalise kasvatuse ja spordi õppekava

Juhendajad:
Phd Martin Mooses
MSc Kerli Mooses

Tartu 2015

SISUKORD

KASUTATUD LÜHENDID	3
LÜHIÜLEVAADE.....	4
ABSTRACT	5
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE	6
2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED	8
3. METOODIKA.....	9
3.1. Eetikakomitee luba ja isikuandmete kaitse	9
3.2. Uuritavad	9
3.3. Uuringu ülesehitus	9
3.4. Maksimaalse hapnikutarbimise test	10
3.5. 2x2000 m jooksutest	10
3.6. Antropomeetria	10
3.7. DXA.....	11
3.8. Statistiline analüüs	11
4. TÖÖ TULEMUSED	12
5. ARUTELU	15
5.1. Keha koostise ja antropomeetrilised parameetrid	15
5.2 Kehakoostise võrdlus DXA -ja antropomeetria meetodi vahel	16
6. JÄRELDUSED.....	18
KASUTATUD KIRJANDUS	19

KASUTATUD LÜHENDID

SLS – Südame löögisagedus

VO_{2max} – Maksimaalne hapnikutarbimine

DXA – *Dual energy X-ray absorptiometry*. Kahekordse röntgenkiire meetod

IAAF – *International Association of Athletics Federations*. Rahvusvaheline Kergejõustikuliit.

SD – Standarhälve

EK – Enne koormust

LÜHIÜLEVAADE

Eesmärk: Hinnata Eesti kesk- ja pikamaajooksjate keha koostise muutuste dünaamikat ettevalmistusperioodil. Võrrelda DXA ja antropomeetria mõõtmiste erinevusi.

Metoodika: Kaheksa kõrge tasemega Eesti kesk- ja pikamaa jooksjat (IAAF $907,5 \pm 131,9$; $\text{VO}_{2\text{max}} 66,8 \pm 2,2 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) mõõdeti DXA ja antropomeetria meetodiga ettevalmistusperioodi alguses ja neljakuulise ettevalmistusperioodi järel. Lisaks vaadeldi sportliku sooritusvõime dünaamikat 2x2000 m testiga.

Tulemused: Jooksjate keha rasvaprotsent neljakuulise ettevalmistusperioodi järel ei muutunud, küll aga vähenesid olulisel määral kindlad nahavoldid (*triceps*, *subscapular*, $p < 0,05$; *biceps*, *chest*, $p < 0,01$) ning reie üla ($p < 0,05$) -ja keskosa ($p < 0,01$) ümbermõõt. DXA mõõtmised näitasid ettevalmistusperioodil ainult reie rasvavabamassi juurdekasvu ($p < 0,05$). Keha rasvaprotsent DXA ja antropomeetria meetodiga mõõdetuna erines 5,5-8,4%.

Kokkuvõte: Jooksjate antropomeetrilised muutused olid seotud kindlate keha piirkondadega. Üldises kehakoostises muutusi ei olnud va reie rasvavabamassis. DXA näitas antropomeetria meetodiga võrreldes suuremaid väärtusi.

Märksõnad: Kesk- ja pikamaa jooksjad, DXA, antropomeetria, nahavoldid

ABSTRACT

Purpose: The purpose of the study was to assess the Estonian body composition and anthropometric parameters of middle and long distance runners in dynamics during pre-season period and to compare DXA and anthropometrical values.

Methods: DXA and anthropometric values of eight high level Estonian middle and long distance runners (IAAF $907,5 \pm 131,9$; $\text{VO}_{2\text{max}}$ $66,8 \pm 2,2 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) was measured in the beginning of pre-season and after four-months. Changes in performance were assessed with 2x2000m.

Results:. The body fat percent did not change during four months period. There were significant changes in skinfolds (*triceps*, *subscapular*, $p < 0,05$; *biceps*, *chest*, $p < 0,01$) and in circumferences of upper ($p < 0,05$) and mid-thigh ($p < 0,01$). DXA showed only increase in thigh lean mass ($p < 0,05$). The body fat percent differed between DXA and anthropometrics 5,5-8,4%.

Conclusion: The changes in anthropometrics in runners are in specific body region. There were no changes in body composition except in thigh lean mass. DXA showed higher values than anthropometry.

Keywords: Middle- and long distance runners, DXA, anthropometria, skinfolds

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

Keha koostise ja antropomeetriliste parameetrite hindamine annavad spordifüsioloogile ja treenerile ülevaate sportlase tervislikust seisundist, mis võimaldab planeerida spetsiaalseid treeningkoormusi (Giampietro et al., 2011). Sportlase keha koostise hindamine on tähtsaks sisendiks treeningprotsessi monitooringus ning seepärast pööravad nii treenerid kui ka sporditeadlased sellele järjest suuremat tähelepanu (Ackland et al., 2012). Erinevaid füsioloogilisi parameetreid, mitmeid antropomeetrilisi ja keha koostise näitajaid seostatakse võistlustulemustega kesk- ja pikamaajooksus (Arrese & Ostariz, 2006) ning jooksutulemustega ultramaratonis (Knechtle et al., 2008). Kesk- ja pikamaajooksu võistlustulemuse seostatakse keha pikkuse ja massi (Maldonado, et al., 2002), rasva- ja rasvavabamassi (Winter & Hamley, 1976), käsivarre ümbermõõdu (Knechtle et al., 2008), erinevate jalgade nahavoltide paksuste ja ümbermõõtude (Legaz & Eston, 2005) ja kolme (Kong & de Heer, 2008) ning kuue (Legaz & Eston, 2005) nahavoldi summaga. Tanaka ja Matsuura (1982) leidsid, et rinna ja reie ümbermõõt ning reie pikkus korreleerub kõige paremini 800 m, 1500 m ja 5000 m võistlustulemustega. Samas 10 000 m jooksutulemuse parimaks näitajaks oli ülakäe ümbermõõt. Kõrge tasemega sportlaste (1500 m keskmine aeg 3:43,35 ja 10 000 m keskmine aeg 28:57,14) uuringust leiti, et meeste nahavoltide paksused korreleeruvad positiivselt 1500 m ja 10 000 m aegadega. (Arrese & Ostariz, 2006)

Eelnevatest uurimustest kesk- ja pikamaajooksjatega on leitud, et suurepärane jooksuökonoomsus on vähemalt osaliselt seotud antropomeetriliste näitajatega (Kong & de Heer, 2008; Lucia et al., 2006; Saltin et al., 1995). Uuringus, mis võrdles tiiptasemel Euroopa ja Ida-Aafrika jooksjaid, leiti, et Eritrea tippsportlaste jooksuökonoomsus oli pigem seotud antropomeetriliste näitajatega kui mõne spetsiifilise metaboolse näitajaga lihases (Lucia et al., 2006). Väiksema kehamassiga ning eriti just väiksema jalgade massiga jooksjad peavad oma keha segmente jooksul ajal liigutades vähem tööd tegema, kui kõik teised faktorid jäävad muutumatuks (Myers & Steudel, 1985). Sellepärast võivad jalgade mass ja massi jaotus jalgades olla olulisteks näitajateks võistlusspordis (Myers & Steudel, 1985). Legaz ja Eston (2005) leidsid, et antropomeetriline hindamine tippsportlastel peaks sisaldama kõiki nahavolte. Samuti järeldasid nad, et keha rasva kaotus toimub treeningu ajal töösse rakenduvates lihasgruppides. Seejuures jooksu tulemust võib põhiliselt prognoosida alajäsemete nahavoltide kaudu. Leiti, et erinevused võistluskiirustes on seotud kuue nahavoldi (*triceps, front thigh, medial calf, subscapular, iliac crest, abdominal*) summa muutustes ja nahavoltide suhtes.

Antropomeetriline mõõtmine on levinud meetod kõrgel tasemel sportlaste keha rasvasisalduse hindamiseks, kuid tehniliselt keerulisemalt ja täpsemalt on võimalik hinnata keha kompositsiooni DXA meetodiga (Ball et al., 2004). Hoolimata olulisusest ja suurest korrelatsioonist DXA keharasvaprotsendi ja Jacksoni ja Pollocki (1978) võrrandiga on leitud, et viimane hindab keha rasvaprotsendi umbes 3% võrra madalamaks võrreldes DXA meetodiga (Ball et al., 2004). Kuigi jooksjate kehakoostist ja antropomeetriat on uuritud pikka aega (De Lorenzo et al., 2001; Seefeldt et al., 1984), on koos tehnika arenguga alles viimastel aastatel pööratud suuremat tähelepanu jooksjate kehakoostise hindamisele DXA meetodiga (Hew-Butler et al., 2015; Mooses et al., 2013). Nahavoltide muutuste dünaamikat on uurinud Legaz ja Eston (2005), kes jälgisid nahavoltide muutusi kolme hooaja vältel, kuid teadaolevalt puuduvad hetkel uuringud, milles on hinnatud kõrgel tasemel sportlaste keha koostise muutuste dünaamikat DXA meetodil.

2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Hinnata Eesti kesk- ja pikamaajooksjate keha koostise muutuste dünaamikat ettevalmistusperioodil.

Lähtuvalt eesmärgist püstitati järgmised uurimisülesanded:

- 1) Kirjeldada keha antropomeetriliste parameetrite muutust nelja kuu pikkusel ettevalmistusperioodil.
- 2) Hinnata keha koostise muutust nelja kuu pikkusel ettevalmistusperioodil.
- 3) Võrrelda DXA meetodil ja nahavoltide põhjal arvutatud keha rasvaprotsendi ja selle muutuste erinevusi.

3. METOODIKA

3.1. Eetikakomitee luba ja isikuandmete kaitse

Uuringu protseduurid ja metoodika on heaks kiidetud Tartu Ülikooli inimuuringute eetika komitee poolt (protokolli nr 240/T-9). Uuringus osalejatele tutvustati uuringu läbiviimisel tehtavaid mõõtmisi, protseduure ja võimalikke riske ning nad kinnitasid oma teadlikku nõusolekut allkirjaga. Vaatlusalused said endale personaalse koodi, mis märgiti uuringu protseduurilehtedele. Antud koode hoiti lukustatult eraldi uuringu andmebaasist, mis välistab uuritavate isikute ja nende andmete tuvastamise. Andmete sisestamisel ja analüüsimisel kasutati vastavat koodi ning andmeid ei väljastatud kolmandatele isikutele.

3.2. Uuritavad

Uuringus osales kaheksa meessoost kesk- ja pikamaajooksjat, kelle keskmine vanus oli $24,3 \pm 2,7$ aastat; maksimaalne; pikkus $183,6 \pm 8,2$ cm ja kaal $70,8 \pm 6,1$ kg. Lisaks kasutati saavutusvõime kirjeldamiseks Rahvusvahelise Kergejõustiku Liidu (IAAF: *International Association of Athletics Federations*) punktitabletit, mis annab hea ülevaate sportlase tasemest. Uuritavate keskmine punktiskoor oli $907,5 \pm 131,9$ punkti. Uuringus osalejad treenisid minimaalselt viis korda nädalas, võistlesid regulaarselt eelneval võistlushooajal, ei tarvitanud ravimeid ning neil puudusid kaebused tervise osas. Mõned uuringus osalenud sportlased on esindanud Eestit rahvusvahelistel tiitlivõistlustel.

3.3. Uuringu ülesehitus

Esimesel külastusel mõõdeti jooksulindil uuritavate VO_{2max} . Teisel kohtumisel, mis toimus kahe nädala jooksul, mõõdeti antropomeetrilised näitajad ja keha koostis kahekordse röntgenkiire meetodil (*dual energy X-ray absorptiometry - DXA*). Samal päeval sooritasid sportlased jooksutesti 2x2000 m kaheminutilise puhkepausiga Tartu Ülikooli Kergejõustikuhallis. Neli kuud hiljem korrati antropomeetria, DXA ning 2x2000 m jooksutesti. Uuritavatel paluti testile eelneval päeval hoiduda tugevast treeningust ja võistlemisest ning testimisel selga ja jalga panna täpselt samad spordiriided ja jalanõud, mis esimesel mõõtmisel.

3.4. Maksimaalse hapnikutarbimise test

Maksimaalse hapnikutarbimise testi kasutati, et määrata maksimaalne aeroobne võimekus ja anaeroobne lävi, mis on 2x2000 m testi aluseks kiiruste valimisel. Selleks kasutati liikuval jooksurajal astmeliselt tõusvate koormustega testi. Sportlastel paluti pingutada suutlikkuseni. Liikuva jooksuraja (Viasys LE 300 C 175/65, HP CosmosQuasar Sports & Medical GmbHNussdorf-Traunstein, Saksamaa) testi protokoll oli järgmine: alustati $8 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 1% tõusunurgaga ja iga kolme minuti järel tõsteti kiirust $3 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ kuni kiiruseni $18 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, pärast mida tõsteti iga minuti järel tõusunurka 1% võrra kuni suutlikkuseni. Kõik uuringus osalenud jooksjad kasutasid $\text{VO}_{2\text{max}}$ testi sooritamisel sama protokoll. Kogu testi vältel salvestati sportlase südame löögisagedus (Polar RS400, Polar Electro Oy, Kempele, Soome) ja gaasivahetuse näitajad seadmega Master Screen CPX (Viasys Healthcare GmbH, Hoechberg, Saksamaa), mis kalibreeriti enne iga testi algust vastavalt tootja juhendile.

3.5. 2x2000 m jooksutest

Jooksutest viidi läbi Tartu Ülikooli sisehallis 200 m ringil. Jooksutesti esimese 2000 m lõigu intensiivsus vastas aeroobse ning teine anaeroobse läve intensiivsusele ja paus kahe jooksulõigu vahel oli kaks minutit rahulikku kõndi. Jooksu kiirused valiti lähtuvalt $\text{VO}_{2\text{max}}$ testist ning sportlase treeningutel kasutatavatest kiirustest. Tempo muutuste vältimiseks kasutati halli valgusliidrit (Protom *light system con 12*). Kõik sportlased kasutasid standardset soojendust, milleks oli 10 minutit madala intensiivsusega jooksu (aeglasem jooksu kui esimese 2000 m jooksulõigu tempo) ning seejärel viis minutit venitusharjutusi. Kogu testi vältel registreeriti jooksjate südame löögisagedus (SLS) pulsimõõturiga Polar RS400 (Polar Electro Oy, Kempele, Soome). Vere laktaadikontsentratsioon mõõdeti sõrmeotsa kapillaarverest enne esimese lõigu algust, pärast iga jooksulõiku ning 3. ja 5. taastumisminutil seadmega Lactate Scout (EKF-diagnostic GmbH, Magdeburg, Saksamaa).

3.6. Antropomeetria

Mõõdeti 10 nahavolti (*triceps, subscapular, biceps, iliac crest/suprailiac, supraspinale, abdominal, front thigh, medial calf, midaxilla, chest*) ning neli übermõõtu (*tight, mid-tight, calf, ankle*) kasutades Centurion Kit mõõteriistade komplekti (Rosscraft, Surrey, BC, Canada). Kõik mõõtmised toimusid paremalt kehapoolelt ja mõõtjaks oli alati üks isik, et tulemused oleksid autentsed. Antropomeetrilised mõõtmised viidi läbi kasutades *International Society for the Advancement of Kinanthropometry* (ISAK) poolt heaks kiidetud protokoll

(Norton & Olds, 1996). Nahavoltidest keha tihedust arvutati Jackson-Pollock nahavoltide meetoditega:

- 1) Seitse nahavoldi (*chest, midaxilla, triceps, front thigh, subscapular, suprailiac, abdominal*) alusel arvutatud keha tihedus = $1.112 - 0.00043499 \times (\text{nahavoltide } \Sigma) + 0.00000055 \times (\text{nahavoltide } \Sigma)^2 - 0.00028826 \times \text{vanus}$ (Jackson & Pollock, 1978);
- 2) Kolme nahavoldi (*chest, abdominal, front thigh*) alusel arvutatud keha tihedus (variant A) = $1.10938 - 0.0008267 \times (\text{nahavoltide } \Sigma) + 0.0000016 \times (\text{nahavoltide } \Sigma)^2 - 0.0002574 \times \text{vanus}$ (Jackson & Pollock, 1978);
- 3) Kolme nahavoldi (*chest, triceps, subscapular*) alusel arvutatud keha tihedus (variant B) = $1.1125025 - 0.0013125 \times (\text{nahavoltide } \Sigma) + 0.0000055 \times (\text{nahavoltide } \Sigma)^2 - 0.000244 \times \text{vanus}$ (Jackson & Pollock, 1985).

Kehatiheduse väärtustest arvutati keha rasvaprotsenti Siri valemiga:

$$\text{Keha rasva protsent (\%BF)} = (4.95/\text{keha tihedus} - 4.50) \times 100 \text{ (Siri, 1961).}$$

3.7. DXA

Keha koostis mõõdeti kahekordse röntgenkiire – DXA – meetodiga (Hologic QDR Discovery, Hologic Inc, Bedford, USA). Protseduuri ajal oli sportlane selili lamangus. Mõõdeti kogu keha rasvamass ja rasvavabamass ning eraldi jala ülaosa (reis) ning jala alaosa (säär) koostis.

3.8. Statistiline analüüs

Andmete vastavust normaaljaotusele kontrolliti Shapiro-Wilksi testiga. Antropomeetria, DXA ja 2x2000 m testi kahe mõõtmise erinevusi mõõdeti paaris t-testiga. Mittenormaaljaotusega vastavate andmete töötamiseks kasutati Mann–Whitney U-testi. Andmete analüüsil ja kogumisel kasutati tabelarvutusprogrammi Microsoft Excel 2007 ja statistikapaketti IBM SPSS v. 20 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA). Statistiliselt oluliseks loeti tulemused, mille olulisusenivoo on $p < 0.05$.

4. TÖÖ TULEMUSED

Eesti kõrgel tasemel kesk- ja pikamaajooksjate iseloomustavad andmed on tabelis 1.

Tabel 1. Uuritavate peamised tunnused (keskmine \pm SD)

Tunnus	mõõtmine
Vanus (a)	24,3 \pm 2,7
Pikkus (cm)	183,6 \pm 8,2
Kaal (kg)	70,8 \pm 6,1
VO _{2max} (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	66,8 \pm 2,2
IAAF (p)	907,5 \pm 131,9

VO_{2max} – maksimaalne hapnikutarbimine, IAAF – Rahvusvahelise Kergejõustiku Liidu punktitable

Muutused nahavoltide paksustes on toodud tabelis 2. Vaatluse all olnud nelja kuu pikkusel ettevalmistusperioodil olid oluliselt vähenenud *triceps*, *biceps*, *chest* ning *supraspinale* nahavoldid. Samuti olid teisel mõõtmisel oluliselt väiksemad reie ülemise ning keskmise osa ümbermõõdud.

Tabel 2. Eesti kesk- ja pikamaajooksjate antropomeetrilised parameetrid (keskmine \pm SD)

Tunnus	Esimene mõõtmine	Teine mõõtmine
Nahavoldid (mm)		
<i>Triceps</i>	7,35 \pm 1,47	6,00 \pm 0,90*
<i>Subscapular</i>	8,25 \pm 1,96	8,31 \pm 0,85
<i>Biceps</i>	2,88 \pm 0,42	2,22 \pm 0,25 [#]
<i>Iliaccrest/suprailiac</i>	7,70 \pm 1,30	7,84 \pm 1,18
<i>Supraspinale</i>	5,56 \pm 0,73	4,38 \pm 0,83*
<i>Abdominal</i>	7,69 \pm 1,82	7,84 \pm 1,83
<i>Front thigh</i>	6,88 \pm 1,77	7,00 \pm 2,04
<i>Medial calf</i>	4,50 \pm 0,50	4,03 \pm 0,85
<i>Midaxilla</i>	5,00 \pm 0,52	4,94 \pm 0,66
<i>Chest</i>	4,94 \pm 0,18	4,09 \pm 0,58 [#]
Jala ümbermõõdud (cm)		
Reie ülaosa	52,78 \pm 1,71	52,04 \pm 1,74*
Reie keskosa	48,98 \pm 1,79	48,12 \pm 1,31 [#]
Sääre keskosa	36,59 \pm 1,60	36,08 \pm 1,75
Hüppeliiges	22,24 \pm 1,28	22,29 \pm 1,14

Kõik mõõtmised tehti keha paremalt poolelt. * $p < 0,05$; [#] $p < 0,01$

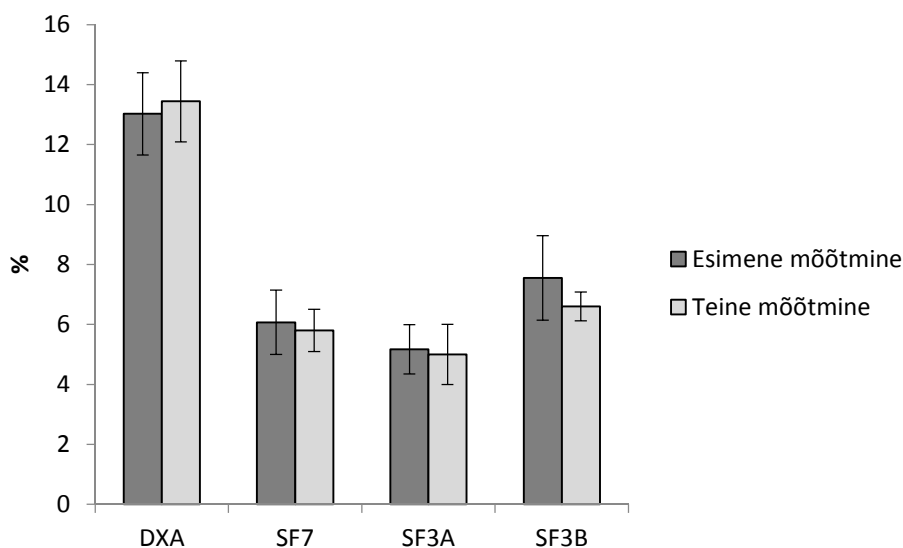
Keha koostise analüüs näitas, et nelja kuu jooksul oli statistiliselt olulisel määral suurenenud ainult reie rasvavaba mass (8,66 \pm 0,94 vs 8,81 \pm 0,99 kg, $p = 0,012$) (tabel 3).

Tabel 3. Reie ja sääre DXA analüüs dünaamikas nelja kuu jooksul (keskmine \pm SD)

Tunnus	Esimene mõõtmine	Teine mõõtmine
Kogu keha		
Kaal (kg)	70,8 \pm 6,1	71,4 \pm 5,92
Rasva% (%)	13,0 \pm 1,3	13,4 \pm 1,35
Parem reis		
Reie kogumass (kg)	10,35 \pm 1,03	10,53 \pm 1,04
Reie rasvamass (kg)	1,29 \pm 0,15	1,32 \pm 0,10
Reie rasvavabamass (kg)	8,66 \pm 0,94	8,81 \pm 0,99*
Reie luutihedus (g \cdot cm ⁻²)	398,17 \pm 52,80	392,27 \pm 55,89
Reie rasvaprotsent (%)	12,53 \pm 1,55	12,65 \pm 1,55
Parem sääär		
Sääre kogumass (kg)	3,70 \pm 1,43	4,24 \pm 0,54
Sääre rasvamass (kg)	0,60 \pm 0,17	0,61 \pm 0,14
Sääre rasvavabamass (kg)	3,26 \pm 0,37	3,31 \pm 0,46
Sääre luutihedus (g \cdot cm ⁻²)	336,25 \pm 45,75	322,17 \pm 44,53
Sääre rasvaprotsent (%)	14,15 \pm 2,24	14,39 \pm 2,82

Kõik mõõtmised tehti paremast jalast. * p < 0,05

Võrreldes DXA meetodit ja nahavoltide meetodit keha rasva protsendi arvutamisel leiti, et nahavoltide meetodiga mõõdeti statistiliselt oluliselt madalamad tulemused (p < 0,001) (joonis 1). Ühegi kasutatud meetodi puhul ei olnud erinevust esimese ja teise mõõtmise vahel.



Joonis 1. DXA ja nahavoltide meetodite võrdlus rasvaprotsendi arvutamisel nelja kuu jooksul. SF7 – seitsme nahavoldiga arvutus; SF3A – kolme nahavoldiga arvutus; SF3B – kolme nahavoldiga arvutus.

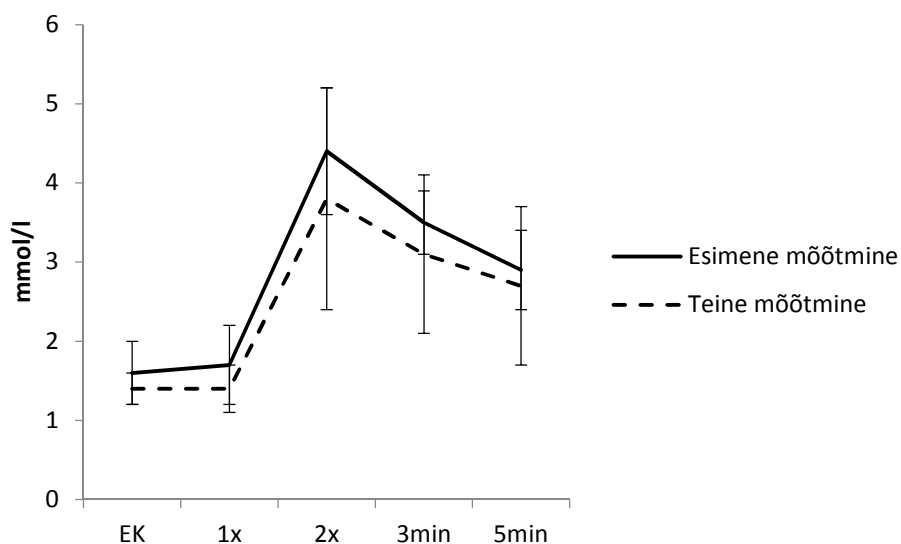
Võrrelda esimest ja teist mõõtmist 2x2000 m jooksutestil, siis statistiliselt olulisi erinevusi ei esinenud (tabel 4).

Tabel 4. 2x2000 m jooksutesti mõõdetud väärtused aeroobsel ja anaeroobsel lävel nelja kuu jooksul

Tunnus	Esimene mõõtmine	Teine mõõtmine
SLS EK (lөөк·min ⁻¹)	92,4 ± 15,3	90,8 ± 17,8
Laktaat EK (mmol/l)	1,6 ± 0,4	1,4 ± 0,2
2000m aeg 1. lõik (s)	498,8 ± 36,0	498,8 ± 36,0
2000m aeg 2. lõik (s)	410,3 ± 12,4	406,3 ± 9,2
SLS 1. lõik (lөөк·min ⁻¹)	153,5 ± 11,8	151,8 ± 8,0
SLS 2. lõik (lөөк·min ⁻¹)	175,1 ± 12,0	174,9 ± 10,2
Laktaat 1. lõik (mmol·l ⁻¹)	1,7 ± 0,5	1,4 ± 0,3
Laktaat 2. lõik (mmol/l)	4,4 ± 0,8	3,8 ± 1,4
Laktaat 3. min (mmol/l)	3,5 ± 0,4	3,1 ± 1,0
Laktaat 5. min (mmol/l)	2,9 ± 0,5	2,7 ± 1,0
SLS 1. min (lөөк·min ⁻¹)	122,3 ± 13,8	123,0 ± 11,2
SLS 3. min (lөөк·min ⁻¹)	104,9 ± 10,6	104,8 ± 9,6
SLS 5. min (lөөк·min ⁻¹)	99,8 ± 12,8	98,8 ± 9,9

SLS – südame löögisagedus; EK – enne koormust.

Samas on märgata sportliku saavutusvõime tõusu tendentsi, mida näitavad sama kiiruse juures joostud lõikude madalamad laktaadi väärtused.



Joonis 2. Mõõdetud laktaadi kontsentratsiooni dünaamika esimesel ja teisel mõõtmisel. EK – enne koormust; 1x – pärast esimest aeroobse läve tempos lõiku; 2x – pärast teist, anaeroobse läve tempos lõiku. 3 min – pärast kolmandat minutit; 5 min – pärast viiendat minutit.

5. ARUTELU

Käesoleva uuringu peamine eesmärk oli hinnata kõrgel tasemel Eesti kesk- ja pikamaajooksjate keha koostise muutuste dünaamikat ettevalmistusperioodil ning uurida seoseid sportliku sooritusvõimega ning kahe erineva mõõtmistehnika erinevusi.

Uuritavate sportlaste IAAF punktiskoor ($907,5 \pm 131,9$ p, keskmine \pm SD) oli mõnevõrra madalam kui Legazi ja Estoni (2005) uuritavatel (1096 ± 48 p, keskmine \pm SD) ning keskmine sportlaste kaalu vahe ($70,8 \pm 6,1$ vs $63,0 \pm 10,3$ kg), mis näitab, et Legazi ja Estoni uuritavad olid märkimisväärselt kergema kehamassiga. Sportlaste VO_{2max} oli sarnane eelnevalt tehtud uuringutest Euroopa jooksjatega (Esteve-Lanao et al., 2007; Legaz et al., 2007; Weston., et al 2000).

5.1. Keha koostise ja antropomeetrilised parameetrid

Käesolevas uuringus sääre mass ja koostis ei muutunud ettevalmistusperioodi vältel oluliselt. Antud uurimus on ainulaadne, sest teadaolevalt pole seni uuritud kõrge tasemega sportlaste kehakoostise muutust dünaamikat DXA meetodiga. Keha koostise määramine võib aidata hinnata sportlase kehalist vormi ning seeläbi aidata planeerida treeningkoormusi (Ackland et al., 2012; Rodriguez et al., 2009; Malina., 2007). Varasemalt on püstitatud hüpotees, et väiksem keha mass jäsemetes, eriti jalgades, võimaldab kulutada vähem energiat, kui joostes liigutatakse oma keha segmente eeldusel, et teised näitajad ei muutu (Myers & Steudel, 1985). Myers ja Steudel (1985) leidsid, et 100 grammi jalalabade külge lisamisel suureneb jooksja energiakulu. Sellepärast on oluline, et jalgade mass, eriti just säärtes, oleks väike, mis muudaks jooksmise ökonoomsemaks.

Legaz ja Eston (2005) tulid kolm aastat väldanud tippjooksjate uurimisel järeldusele, et muutused toimusid kindlates keha piirkondades. Nad leidsid, et *abdominal*, *front thigh* ja *medial calf* nahavoldid muutusid selle perioodi vältel oluliselt väiksemaks. Käesolev uuring, mis vältas neli kuud, näitas, et vähenenud olid käsivarre (*biceps*, *triceps*) nahavoldid, millest mõõtsid Legaz ja Eston (2005) vaid *triceps*´it, kuid erinevust ei leitud. Käesolevas uuringus leiti erinevused *supraspinale* ja *chest* nahavoltides, kuid eelnevalt mainitud uuringus neid ei mõõdetud. Sarnasust võib näha Legazi ja Estoni (2005) mõõtmistulemustes, mille järgi sportlaste *front thigh* nahavolt muutus iga aastaga väiksemaks. Käesolevas uuringus hindasime reie üla- ja keskosa ning DXA meetodiga mõõdetud reie rasvavaba massi tõusu oluliseks muutujaks.

Arrese ja Ostariz (2006) tõdesid, et kuue nahavoldi summa ei ole tiptasemel jooksjatel ühegi jooksudistantsi võistlustulemustega seotud. Siiski leidsid nad tugeva seose

vähenenud *front thigh* ning *medial calf* nahavoltide ja kiiremate 1500 m ja 10 000 m jooksudistantside võistlustulemuste vahel. Samamoodi leiti seos ülakeha piirkonna nahavoltide (*subscapular*, *iliac crest*, *abdominal*) ning jäsemete nahavoltide (*triceps*, *front thigh*, *medial calf*) ja 100 m ning 1500 m jooksudistantsi võistlustulemuste vahel (Arrese & Ostariz, 2006). Hartung ja Squires (1982) leidsid olulise korrelatsiooni keha rasvaprotsendi ja maratoni võistlusaegade vahel (keskmine parim aeg 3 h 26 min 54 s).

Uuringus, milles osales 60 meesjooksjat leiti, et need, kellel on madalamad nahavoltide väärtused, jooksevad 10 km distantsi kiiremini (Bale et al., 1986). Parimaid 10 000 m jooksjaid (kaks gruppi, parim keskmine aeg 28 min 33 s vs 29 min 38 s) iseloomustas madalam seitsme nahavoldi summa (Coetzer et al., 1993).

5.2 Kehakoostise võrdlus DXA -ja antropomeetria meetodi vahel

Antropomeetriliste parameetrite hindamine on olnud läbi aegade populaarne vahend keha rasvasisalduse mõõtmisel. Seepärast on oluline seda meetodit pidevalt täiustada ja täpsustada. Valemeid, millega arvutada keha tihedust ja keha rasva protsenti on mitmeid, kuid Jacksoni ja Pollocki (1978) valemid on kõige levinumad ja peetakse nüüdisajani parimaks keha tiheduse arvutamise meetodiks (Ball et al., 2004). Kui võrrelda Jacksoni ja Pollocki (1978) uuritavate (403 meest vanuses 18-61 a) seitsme nahavoldi summat ($122,6 \pm 52,0$) käesoleva uurimuse samade väärtustega ($46,0 \pm 4,0$), siis on märgata tohutult suurt erinevust valimis ning samamoodi Ball et al (2004) ($114,0 \pm 52,0$) valimiga. Erinevus seisneb selles, et käesolevas uurimuses olid kõrgel tasemel sportlased ning eelnevalt mainitud kahes uurimuses mehed, kes ei treeninud kõrgel tasemel. Hoolimata DXA ja antropomeetria meetodi kõrgest korrelatsioonist Jacksoni ja Pollocki (1978) uurimuses näitavad käesoleva uuringu antropomeetria meetodi tulemused (seitsme nahavoldi võrdlus) oluliselt väiksemaid väärtusi võrreldes DXA meetodiga keha rasva protsendi mõõtmisel (esimesene mõõtmine $5,8 \pm 0,7$ vs $13,0 \pm 1,3$; teine mõõtmine $6,1 \pm 1,1$ vs $13,44 \pm 1,35$). Sarnased oluliselt madalad väärtused saadi ka kahe erineva valemi kolme nahavoldi mõõtmisel (esimene mõõtmine $5,2 \pm 0,8$ ja $7,5 \pm 1,4$; teine mõõtmine $5,0 \pm 1,0$ ja $6,6 \pm 0,5$). Nahavoltide alusel keha rasvaprotsendi hindamine kõigi kolme (Jackson & Pollock 1978, 1985) valemi järgi alahindab DXA väärtusi vahemikus 3,1-3,3% (Ball et al., 2004). Käesolevas uuringus hinnati antropomeetria ja DXA vahelist erinevust veelgi suuremaks (5,5-8,4%), sest DXA keha rasva protsent võrreldi igast valemist saadud rasvaprotsendiga. Sellest tulenevalt saab järeldada, et valemid erinesid üksteisest 2,9%. Jacksoni ja Pollocki seitsme nahavoldiga ning Evansi (Evans et al., 2005) kolme nahavoldiga (*abdominal*, *triceps*, *front thigh*) uurimuses leiti, et antropomeetria meetod

näitas naistel 2,9-8,2% ja meestel 8,4-15,2% võrra väiksemaid väärtusi keha rasva protsendi osas kui DXA meetod. (Mojtahedi et al., 2009).

Kuigi DXA meetodit ei peeta kuldseks standardiks, tõendavad mitmed uuringud (Ball et al., 2004; Kong & de Heer, 2008), et see on parim praktiline vahend hindamaks keha koostist, kuid ka selle kasutamisel võib vigu esineda. Näiteks arvutab DXA pehmekoe keskmiseks veesisalduseks $0,73 \text{ ml} \cdot \text{g}^{-1}$, kuid inimeste veebilanss võib varieeruda. Hoolimata sellest tuleks keha rasvaprotsendi viga, mis on seotud veega, siiski väike (Horber et al., 1992). DXA puuduseks võib lugeda ka ümber luu pehmekoe määramist.

Käesoleva uuringu tugevuseks võib pidada DXA meetodi kasutamist kuna see on tänapäeva täpsem vahend hindamaks kehakoostist. Uuringu nõrkuseks oli väike valim ($n = 8$) ning lühike jälgimisaeg. Suurema valimi puhul oleksid tõenäoliselt muutused veelgi paremini esile tulnud kui oleks sportlasi mõõtnud vahetult enne võistlushooaja algust või võistlushooaja lõpus. Lisaks treenisid sportlased erinevate treenerite käe all ning ka põhivõistlused võisid olla erinevad, mis tähendab erinevaid vormikõvera tipu ajastamisi. Kuna Eestis on suhteliselt vähe kõrge tasemega jooksjaid, siis oli see hea valik valimi osas.

Käesoleva uuringu põhjal võib väita, et DXA ja nahavoltide meetodid annavad erinevaid väärtusi keha rasvaprotsendi hindamisel. Kuna erinevused on suured kahe meetodi vahel, siis tuleks kasutada läbivalt ühte meetodit, et saada teada keha rasvaprotsendi muutustest, hoolimata sellest, et tulemus võib vigane olla. Antropomeetriliste mõõtmiste eeliseks võib lugeda, et see pole kallid ja saab läbi viia käepärase vahendi – spetsiaalse kaliibriga. Miinuseks on aega nõudev mõõteprotsess ja arvutuskäik. DXA eeliseks on täpsus, kiirus ja üksikasjalikud kehakoostise parameetrid, kuid miinuseks kallid seadmed.

6. JÄRELDUSED

Jooksjate antropomeetrilised muutused ettevalmistusperioodil olid seotud kindlate keha piirkondadega. Kehakoostises muutusi ei olnud välja arvatud reie rasvavabamassi suurenemine, mis viitab sportlaste jõu ja lihasmassi juurdekasvule jalgades. DXA näitas antropomeetria meetodiga võrreldes palju suuremaid väärtusi, mis tähendab, et valida tuleks üks mõõtmismeetod, mis annab ülevaate keha rasvaprotsendi muutuste kohta. Tulevikus peaks uurima DXA meetodit dünaamikas pikema aja vältel, et saaks kindlamaid järeldusi teha.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Ackland TR, Lohman TG, Sundgot-Borgen J, Maughan RJ, Meyer NL, et al. Current status of body composition assessment in sport: review and position statement on behalf of the ad hoc research working group on body composition health and performance, under the auspices of the I.O.C. Medical Commission. *Sports Medicine* 2012; 42(3), 27–49. doi: 10.2165/11597140-000000000-00000.
2. Arrese AL & Ostariz ES. Skinfold thicknesses associated with distance running performance in highly trained runners. *Journal of Sports Sciences* 2006; 24(1), 69–76. doi: 10.1080/02640410500127751.
3. Bale P, Bradbury D, Colley E. Anthropometric and training variables related to 10 km running performance. *British Journal of Sports Medicine* 1986; 20, 170 – 173.
4. Ball SD, Altena TS, Swan PD. Comparison of anthropometry to DXA: a new prediction equation for men. *European Journal of Clinical Nutrition* 2004; 58(11), 1525–31.
5. Brožek J, Grande F, Anderson JT, Keys A. Densitometric Analysis of Body Composition: Revision of Some Quantitative Assumptions. *Annals of the New York Academy of Sciences* 2006; 110: 113–40. doi: 10.1111/j.1749-6632.1963.tb17079.x.
6. Coetzer P, Noakes TD, Sanders B, Lambert MI, Bosch AN, et al. Superior fatigue resistance of elite black South African distance runners. *Journal of Applied Physiology* 1993; 75, 1822 – 1827.
7. doi: 10.1259/0007-1285-65-778-895.
8. Esteve-Lanao J, Foster C, Seiler S, Lucia A. Impact of training intensity distribution on performance in endurance athletes. *Journal of Strength & Conditioning Research* 2007; 21(3), 943-949.
9. Giampietro M, Ebner E, Bertini I. The clinical significance of body composition and anthropometric evaluation in athletes. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*; 4(2), 93–97. doi: 10.1007/s12349-011-0052-0.

10. Hartung GH & Squires WG. Physiological measures and marathon running performance in young and middle-aged males. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 1982; 22, 366 – 370.
11. Hew-Butler T, Hoxha BT, Fogard K, Stuempfle KJ, Hoffman MD. Comparison of Body Composition Techniques before and after a 161-Km Ultramarathon Using DXA, BIS and BIA. *Int J Sports Med* 2015; 36(02): 169-174. doi: 10.1055/s-0034-1387777.
12. Horber FF, Thoni F, Cazes JP, Fontelle J, Jaeger P. Impact of hydration status on body composition as measured by dual energy X-ray absorptiometry in normal volunteers and patients on haemodialysis. *The British Journal of Radiology* 1992. 65 (778), 895-900.
13. Jackson AS & Pollock M L. Generalized equations for predicting body density of men. *British Journal of Nutrition* 1978; 40(3), 497–504.
14. Jackson AS, Pollock ML. Practical assessment of body composition. *Phys Sportsmed.* 1985;13:76–90.
15. Knechtle B, Knechtle P, Schulze I, Kohler G. Upper arm circumference is associated with race performance in ultra-endurance runners. *British Journal of Sports Medicine* 2008; 42(4), 295–9. doi: 10.1136/bjsm.2007.038570.
16. Kong PW & de Heer, H. Anthropometric, gait and strength characteristics of Kenya distance runners. *Journal of Sports Science & Medicine* 2008; 7(4), 499–504.
17. Legaz A & Eston R. Changes in performance, skin fold thicknesses and fat patterning after three years of intense athletic conditioning in high level runners. *British Journal of Sports Medicine* 2005; 39(11), 851–6. doi: 10.1136/bjsm.2005.018960.
18. Legaz AA, Munguia ID, Nuviala NA, Serveto GO, Moliner UD, et al. Average VO₂max as a function of running performances on different distances. *Science & Sports* 2007; 22(1), 43-49. Lipsey, M.W. (1990). *Design sensitivity: Statistical power for experimental research*. Newbury Park, CA
19. Lucia A, Esteve-Lanao J, Oliván J, Gómez-Gallego F, San Juan A, et al. Physiological characteristics of the best Eritrean runners – exceptional running economy. *Applied Physiology, Nutrition, Metabolism* 2006; 31(5), 530–40. doi: 10.1139/H06-029.

20. Maldonado S, Mujika I, Padilla S. Influence of body mass and height on the energy cost of running in highly trained middle- and long-distance runners. *International Journal of Sports Medicine* 2002; 23(4), 268–72. doi: 10.1055/s-2002-29083.
21. Malina RM. Body composition in athletes: Assessment and estimated fatness. *Clin Sports Med* 26: 37-68.
22. Mojtahedi MC, Valentine RJ, Evans EM. Body composition assessment in athletes with spinal cord injury: comparison of field methods with dual-energy X-ray absorptiometry. *Spinal Cord* 2009. doi:10.1038/sc.2009.20.
23. Mooses M, Jürimäe J, Mäestu J, Purge P, Mooses K, et al. Anthropometric and physiological determinants of running performance in middle- and long-distance runners. *Kinesiology* 2013; 45(2): 130-8.
24. Myers M & Steudel K. Effect of limb mass and its distribution on the energetic cost of running. *Journal of Experimental Biology* 1985; 116, 363–73.
25. Norton K & Olds T. *Anthropometrica: a textbook of body measurement for sports and health courses* 1996; Sydney: University of New South Wales Press.
26. Rodriguez NR, Di Marco NM, Langley S. Nutrition and athletic performance. *American College of Sports Medicine position stand* 2009; *Exerc* 41: 709-731.
27. Saltin B, Larsen H, Terrados N, Bangsbo J, Bak T, et al. Aerobic exercise capacity at sea level and at altitude in Kenyan boys, junior and senior runners compared with Scandinavian runners. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 1995; 5(4), 209–21. doi: 10.1111/j.1600-0838.1995.tb00037.x
28. Seefeldt V, Haubenstricker J, Branta C, McKeag D. Anthropometric assessment of body size and shape of young runners and control subjects. In, Weiss, M.R. and Gould, D. (eds.), *Sport for children and youths*, Champaign, Ill., Human Kinetics Publishers, c1986; 247-254.
29. Siri WE. Body composition from fluid spaces and density: Analysis of methods. In Brozek J, Henzchel A. *Techniques for Measuring Body Composition*. Washington: National Academy of Sciences 1961. pp. 224–244.
30. Tanaka K & Matsuura Y. A multivariate analysis of the role of certain anthropometric and physiological attributes in distance running. *Annals of Human Biology* 1982; 9(5), 473–82.

31. Weston AR, Mbambo Z, Myburgh HK. Running economy of African and Caucasian distance runners *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2000; 32(6), 1130-1134.
32. Winter EM & Hamley E J. Submaximal oxygen uptake related to fat free mass and lean leg volume in trained runners. *British Journal of Sports Medicine* 1976; 10(4), 223–5.

LISA 7. Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Karel Viigipuu

sünnikuupäev: _18.03.1986

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

Eesti kesk- ja pikamaajooksjate kehakoostise ja antropomeetriliste parameetrite muutused pärast neljakuulist ettevalmistusperioodi, mille juhendajad on Martin Mooses, Kerli Mooses

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, 20.05.2015